

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2005年8月18日 (18.08.2005)

PCT

(10)国際公開番号
WO 2005/076471 A1

(51)国際特許分類7: H03H 9/19, 9/02, 9/215

(21)国際出願番号: PCT/JP2005/002040

(22)国際出願日: 2005年2月10日 (10.02.2005)

(25)国際出願の言語: 日本語

(26)国際公開の言語: 日本語

(30)優先権データ:
特願2004-032789 2004年2月10日 (10.02.2004) JP(71)出願人(米国を除く全ての指定国について): シチズン時計株式会社 (CITIZEN WATCH CO., LTD.) [JP/JP];
〒1888511 東京都西東京市田無町六丁目1番12号
Tokyo (JP).

(72)発明者: および

(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 山本 泉 (YAMAMOTO, Izumi) [JP/JP]; 〒1888511 東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズン時計株式会社内 Tokyo (JP).

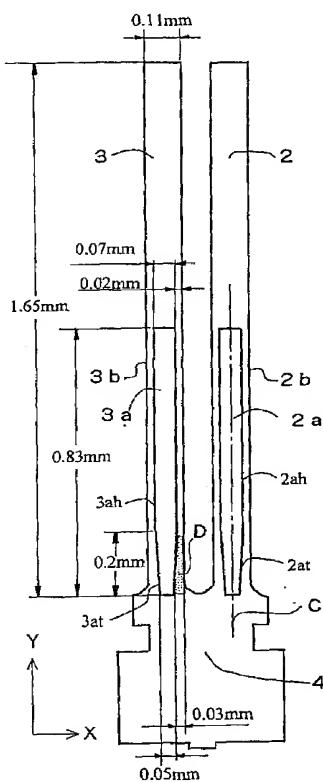
(74)代理人: 竹本 松司, 外 (TAKEMOTO, Shoji et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目2番20号 虎ノ門19MTビル6階 Tokyo (JP).

(81)指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54)Title: CRYSTAL PIECE AND OSCILLATOR

(54)発明の名称: 水晶片及び振動子



(57) Abstract: On leg parts (2, 3) of an oscillator, groove parts (2a, 3a) are formed, and on leg part side planes, side plane electrodes (2e, 3e) are formed, and on the groove parts, groove electrodes (2d, 3d) are formed. The leg parts (2, 3) have an equal width over the entire length, while the width of the groove parts (2a, 3a) close to the lower edge gradually reduces, as it goes closer to the lower edge. A trapezoidal area (D) is formed by being surrounded by the leg part side planes and the groove parts. A part of the area (D) is used as an area for arranging an electrode (5c) which connects the groove electrode and the side plane electrode.

(57) 要約: 振動子の脚部(2、3)には溝部(2a、3a)が形成されて、脚部側面には側面電極(2e、3e)が、また、溝部には溝電極(2d、3d)が、それぞれ形成されている。脚部(2、3)はその全長にわたって幅を等しくする一方、溝部(2a、3a)は、下端付近の部分では下端に向けて幅を徐々に減少させることで、そこでの脚部側面と溝部との間に台形の領域(D)を形成し、その領域(D)の一部を溝電極と側面電極とを接続する電極(5c)の配置領域とする。



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ヨーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

水晶片及び振動子

技術分野

[0001] 本発明は、水晶等からなる音叉型の振動片よりなる振動子に関する。

背景技術

[0002] 近年、電子機器のタイムスタンダード等として使用される振動子に対しては、これが使用される電子機器の小型化に伴い、振動子のサイズが小型で、しかもCI(クリスタル・インピーダンス)値の小なるものが要求されるようになってきている。この要求に応じる振動子として、例えば音叉型の水晶振動子の場合は、従来、図7A及び図7Bに示すような構成のものが知られている(例えば、特開2002-76827号公報参照)。

[0003] 図7Aに示すように、音叉型水晶振動子110は脚部112、113を有し、その脚部112、113の表面及び裏面に溝部112a、113aが脚部長さ方向に沿って形成され、その結果、図7Bに示すように、脚部112、113の断面はH型となる。ここで、このような断面がH型の音叉型水晶振動子は、振動子の大きさを従来よりも小型化しても電気機械変換係数を高くすることができるため、CI値又は等価直列抵抗を低く抑えることができるという特性を有する。

[0004] このような断面H型の音叉型水晶振動子110は外部より電圧が印加されると脚部112、113が振動する。その振動により、等価回路の直列抵抗部に駆動電流が流れるようになっている。脚部112、113の表面及び裏面に形成された溝部112a、113aには溝電極が形成され、また、脚部112、113の側面(溝部112a、113aが形成されていない面)112b、113bには側面電極が形成される。そして、電圧が印加されると、溝電極と側面電極との間に電界が生じることにより、脚部112、113の、溝部より左側の部分及び右側の部分は圧電効果により互いに逆方向の伸縮を生じ、脚部112、113は互いに反対方向の屈曲振動を行い、振動子はQ値の高いものとなる。これに伴い、側面電極と溝電極の間に電流が流れることとなる。

[0005] ところで、上記の側面電極と溝電極には外部から電流が供給されることが必要であるが、具体的には、外部から、音叉型水晶振動子110の基部111に設けられている

基部電極を介して、電流は溝電極や側面電極に供給されることになる。このため、基部電極と溝電極や側面電極とを接続する接続電極が必要となる。この接続電極のうち、基部電極と溝電極とを接続する溝電極用接続電極は、図7Aにおける基部表面111cに配置される。また、溝電極と側面電極とを接続する溝・側面間接続電極は、例えば、基部表面111cと脚部表面112cとに配置されている。

[0006] このような、断面H型の音叉型水晶振動子110は溝部112a、113aの溝電極と側面112b、113bの側面電極との間の距離が短くとれ、かつ水晶のx軸と略平行の方向の電界を加えることができ、圧電作用の電気機械変換効率を高めることができる。電極間に駆動電圧を印加した際に音叉型水晶振動子110が変形して電流を流すことが容易となる。すなわち、断面H型の音叉型水晶振動子110の場合は従来の溝のない音叉型水晶振動子よりもCI値を低下させる上において有利となる。

[0007] しかしながら、上記の断面H型の音叉型水晶振動子110は例えば共振周波数が32.768KHzの小型のものが要求される場合があり、これに伴い図7Aに示す脚部112、113の幅が例えば0.1mm、溝部112a、113aの幅が例えば0.07mm程度にまで小型化されている。したがって、上記の基部電極と側面電極とを接続する脚部表面112cにおける領域(図7Aにおける斜線部分)の幅Wは例えば0.015mmと制限されてしまう。ここで、脚部表面112cに配置しようとする溝・側面間接続電極の幅は少なくとも0.01mm程度は必要である。これでは、溝・側面間接続電極と溝電極との隙間は僅か0.005mmが許されるということになり、実際の製造工程における誤差を考慮するとこれらの電極同士が接触したり、その他の短絡を起こす可能性が高く、振動子の不良原因となり、又、これを防ぐように製造すると製造コストが著しく上昇するという問題があった。

[0008] そこで、かかる問題を改善するために特開2003-87090号公報に示すような音叉型水晶振動子提案されている。この音叉型水晶振動子100を図8A-図8Cに示す。

[0009] 図8Aにおいて、基部140からはその上方に脚部120、130が突出している。脚部120、130の表面及び裏面には溝部120a、130aがそれぞれ形成されて、その結果、脚部120、130の断面は、図8Cに示すように、略H型となっている。この断面H型の音叉型水晶振動子においては、その基部140に基部電極140d、140fが形成さ

れ、また、脚部120、130に形成された溝部120a、130aには溝電極120d、130dが形成されている。そして、図8Cに示すように、脚部120、130の両側面には側面電極120e、130eが形成されている。この側面電極のうち、脚部130の側面に配置される側面電極130eは図8Aに示す側面電極用接続電極141を介して基部電極140dに接続し、脚部120の側面に配置される側面電極120eは側面電極用接続電極142を介して基部電極140fに接続している。一方、前記溝電極120dは溝電極用接続電極143を介して基部電極140dに接続している。そして、前記溝電極130dは溝・側面間接続電極144を介して脚部120の側面電極120eに接続し、ここを経て最終的には基部電極140fに接続している。

[0010] この図8Aの振動子のサイズの一例を図8Bに示す。脚部120、130の幅は0. 1m mである。溝部130a、120aの長さは0. 8mmであり、その幅は、溝部の下方部分を除くほとんどの部分で0. 07mmである。溝部130a、120aの下方部分、すなわち、溝部130a、120aの下端からその上方の0. 2mmの高さ位置までの領域では溝部の幅は0. 05mmと狭まっている。つまり、溝部130a、120aの下端からその上方0. 2m mの高さ位置で、溝部130a、120aの幅が0. 07mmから0. 05mmへと急激に変化している。

[0011] その結果、図8Bに示すように、脚部120、130上の、幅が狭くなった溝部120aの下方部分の左側には、溝電極120dと側面電極120eと接続するための溝・側面間接続電極144を配置するための接続電極配置領域Sが形成される。

[0012] このように、図8Aに示す音叉型水晶振動子100は、溝部の下方部分の幅をそれより上方の部分よりも狭くすることで、その狭くした分だけ、接続電極配置領域Sを広く確保している。よって、この領域Sに溝・側面間接続電極144を配置することで、溝・側面間接続電極144と溝電極120dとの短絡を生じにくくしている。

[0013] しかしながら、このように溝部の幅を2段階とすることで、溝電極と側面電極とを接続するため接続電極を配置する領域を確保するという図8A及び図8Bに記載の従来の音叉型水晶振動子には、以下に述べるような問題がある。すなわち、
(1)溝部120a、130aの平面形状が単純な矩形ではなく段付きの形状となるため、エッチングにより溝部を形成する際に、実際には溝の幅の広い部分は深くエッチングさ

れ、溝の幅の狭い部分は浅くエッチングされる傾向がある。

[0014] 図9は図8Bに示す中心線cに沿って溝部120aを切断した断面図である。図9に示すように溝部120aの深さは、基部140から0.2mmのところから溝の幅に対応して浅くなり、やや緩やかな段状となっている。ここで、段部の立ち上がりの傾斜は必ずしも一定ではなく、点線で示す範囲に変化する傾向がある。これは溝の幅は段状に変化し、エッチングの深さもこれに追随して急激に変化しようとするのであるが、実際にはエッチング速度に及ぼす種々の要因により影響を受けて遅れを生じ、深さの段部の傾斜はかなりのバラツキを有することとなるからである。このため、左右の脚部において溝部の立体形状が一致せず若干異なる場合が少くない。その結果、左右の脚部においてその付け根に近い部分での剛性に若干の差異を生じ、音叉としての左右の脚部の振動の打ち消しが十分に行われず、Q値が低下し、CI値の増加を招くことがある。

(2) 次に、上記の溝部130a、120aの幅が狭い部分においては、溝部の溝電極120d、130dと側面の側面電極120e、130eとの距離が大となり、この部分において側面と溝部との間に加わる電界(結晶の電気軸方向の電界)の強度が低下する。この場合、脚部120、130の根元に近い部分で電界強度が低下するので、脚部を変形させるための駆動力が低下し、電気機械変換係数の低下をもたらし、音叉型水晶振動子100を駆動して十分な電流を流す上で不利となり、CI値を悪化させる原因となる。

[0015] また、脚部に溝部を形成した音叉型水晶振動子において、その溝部の下端近傍の部分では、その溝部の幅を溝部下端に向かうにしたがって徐々に減少させることで、この部分で溝部の深さを緩やかに変化させ、もって溝電極の断線の防止を図ることが特開2003-133895公報に記載されている。ただし、この徐々に幅を狭められている溝部下方部分は音叉型水晶振動子の脚部にではなく、基部に形成されるため、電極と電極とを接続するための接続電極を配置するための領域の形成には何ら貢献しない。

[0016] そこで、本発明は、図8A-図8Cに例示したような従来の音叉型の水晶振動子における上記の問題点を改善することを課題とするものである。そして本発明は、これらの課題を解決することにより、左右の脚部に溝を有する音叉型の小型の水晶振動子に

において側面電極への確実な接続を確保しつつ、従来よりもCI値を低下させることを目的とする。

発明の開示

[0017] 本発明による水晶片は、基部とこの基部から伸びた少なくとも2本の脚部を有し、その脚部の表面または裏面の少なくとも一方に脚部の長さ方向に沿って溝部を形成し、脚部の少なくとも一方の側面から前記溝部までの間隔を前記基部に向かうにしたがって徐々に増大させている。

[0018] この水晶片において、脚部の幅はその全長にわたって同一とする一方、溝部の幅は基部に向かうにしたがって徐々に減少させるようしてもよい。

この水晶片において、溝部の幅はその全長にわたって同一とする一方、前記脚部の幅は基部に向かうにしたがって徐々に増大させるようにしてもよい。

この水晶片において、その溝部には溝電極を形成し、脚部にはその側面に側面電極をそれぞれ形成することができる。

[0019] 本発明による振動子の一態様は、基部とこの基部から伸びた少なくとも2本の脚部を有し、脚部の表面または裏面の少なくとも一方には長さ方向に沿って溝部が形成され、溝部には溝電極が形成され、脚部の側面には側面電極が形成され、しかも、脚部はその全長にわたってその幅を等しくする一方、溝部は基部に向かうにしたがってその幅を徐々に減少させることで、脚部の前記溝を除いた部分に前記接続電極の配置領域を形成している。

[0020] この振動子において、溝部の幅の減少は直線的としてもよい。

この振動子において、脚部及びその脚部に形成された溝部は、脚部の中心線に対して左右対称としてもよい。

[0021] この振動子は音叉型水晶振動片により形成することができる。

[0022] さらに、本発明による振動子の他の態様は、基部とこの基部から伸びた少なくとも2本の脚部を有し、前記脚部の表面または裏面の少なくとも一方に長さ方向に沿って溝部が形成され、前記溝部には溝電極が形成され、前記脚部の側面には側面電極が形成され、しかも、前記溝部の幅はその全長にわたって同一であり、前記脚部の幅を前記脚部に向かうにしたがって徐々に増大させている。

[0023] 前記脚部の幅の増大を直線的としてもよい。

図面の簡単な説明

[0024] [図1A]本発明の実施例1に係る音叉型水晶振動子の上面図である。

[図1B]図1Aの水晶振動子から電極を除いた音叉形水晶片を示す上面図である。

[図1C]図1AのA—Aでの断面図である。

[図2]図1Aの水晶振動子の要部拡大図である。

[図3]図1Bの中心線Cに沿っての、図1Bに示す音叉型水晶振動子の溝部の深さの状態を示す断面図である。

[図4]図1Aの音叉型水晶振動子の等価回路を示す図である。

[図5A]本発明の実施例2に係る音叉型水晶振動子の上面図である。

[図5B]図5Aの水晶振動子から電極を除いた音叉形水晶片を示す上面図である。

[図6]図5AのB—Bでの断面図である。

[図7A]従来の溝付き脚部を有する音叉型水晶振動子を示す上面図である。

[図7B]図7AのD—Dでの断面図である。

[図8A]従来の段付き溝部を有する音叉型水晶振動子の上面図である。

[図8B]図8Aの水晶振動子から電極を除いた音叉形水晶片を示す上面図である。

[図8C]図8AのC—Cでの断面図である。

[図9]図8Bに示す中心線cに沿って溝部を切断した断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0025] まず、本発明の実施例1に係る振動子につき図1A—図1C及び図2を用いて説明する。

図1Aに示す音叉型水晶振動子20は、水晶の単結晶から板状に切り出された後、音叉型に加工されて形成される。音叉に加工する前の板状の状態では、単結晶のx軸(電気軸)、y軸(機械軸)、z軸(光軸)からなる3軸直交座標において、x軸とy軸とからなるxy平面をx軸回りに反時計方向に若干傾けたいわゆる水晶z板を切り出し、これから上記の音叉型水晶振動子20が形成される。

[0026] 図1A及び図1Bにおいて、X軸、Y軸、Z軸の3軸直交座標系において、X軸は上記x軸に一致し、Y軸は上記y軸から若干傾いている。これらの図において、音叉型

水晶振動子20の基部4から2本の脚部2、3がY軸方向に平行に突出している。これら脚部2、3の表面には、図1Bに示すように、溝部2a、3aが脚部2、3の長さ方向に沿って所定距離それぞれ形成されている。また、脚部2、3の裏面にも、溝部2a、3aと対応する位置に、溝部2a、3aがそれぞれ形成されている。これら脚部2、3の表面及び裏面に溝部2a、3aが形成されたことにより、脚部2、3の断面は、図1Cに示すように、略H型を呈する。

[0027] 音叉型水晶振動子20に形成する電極について以下に説明する。

基部4には基部電極4a、4bが形成されている。脚部2、3の溝2a、3aには溝電極2d、3dが形成されている。

[0028] 脚部2、3のそれぞれの左右の側面2b、3bには、図1Cに示すように、側面電極2e、3eが形成されている。これら側面電極2e、3eのうち、脚部2の内側面(脚部3と対向する面)と外側面(反脚部3側の面)とにそれぞれ形成される側面電極2e同士は、図1Aに示す側面電極間接続電極2e1を介して接続される。また、脚部3の内側面(脚部2と対向する面)と外側面(反脚部2側の面)とにそれぞれ形成される側面電極3e同士は、図1Aに示す側面電極間接続電極3e1を介して接続される。なお、これら側面電極間接続電極2e1、3e1は周波数の微調整用膜としての役割ももっている。

[0029] 基部電極4aは、側面電極用接続電極5aを介して側面電極3eに接続する。また、基部電極4bは、側面電極用接続電極5bを介して側面電極2eに接続するとともに、溝電極用接続電極6を介して脚部3の溝電極3dにも接続する。また、脚部2の溝電極2dは、図2に示すように、溝・側面間接続電極5cを介して、脚部3の内側面上の側面電極3eに接続する。

[0030] 脚部2、3の上端部には、図1Aに示すように、周波数調整用の厚膜7が形成されている。これら厚膜7はCr、Ag等よりなる。

[0031] 上記した電極の構成によって、音叉型水晶振動子20の表面側に関しては、基部電極4bは脚部2の外側と内側の側面電極2eに接続するとともに、脚部3の溝電極3dにも接続する。また、基部電極4aは脚部3の外側と内側の側面電極3eに接続するとともに、脚部2の溝電極2dにも接続する。一方、音叉型水晶振動子20の裏面側に関しては、脚部3の溝電極3dは基部4の裏側に設けた接続電極(図示せず)により基部

電極4bに接続する。また、脚部2の溝電極2dは、音叉型水晶振動子20の表面側と同様に、基部電極4aに接続する。要するに、脚部2の溝電極2dと脚部3の側面電極3eとは一方の基部電極4aに導通し、脚部3の溝電極3dと脚部2の側面電極2eとは他方の基部電極4bに導通する。

[0032] ここで、このような電極の形成と接続がなされた音叉型水晶振動子20のその基部4をケース(図示せず)の端子に固定し、その一方の基部電極4aに正電圧を加え、他方の基部電極4bに負電圧を加えたとする。

[0033] そうすると、脚部2において、その溝電極2dは正電位となり、側面電極2eは負電位となり、その結果、電界は溝電極2dから側面電極2eに向かう方向となる。一方、脚部3においては、その溝電極3dは負電位となり、側面電極3eは正電位となり、その結果、電界は側面電極3eから溝電極3dに向かう方向となる。ここで、電界の方向が図1Aの+Xの方向であると水晶に伸びの応力が発生し、-Xの方向であると水晶に圧縮の応力が発生するとする。そうすると、脚部2の、溝2aより右側の(脚3と反対の側の)の部分(壁部)がY軸方向に伸び、また、脚部2の、溝2aより左側の(脚3側の)の部分(壁部)がY軸方向に縮んで、その結果、脚部2は左側に(脚3側に)撓もうとする。一方、脚部3の、溝3aより左側の(脚2と反対の側の)の部分(壁部)がY軸方向に伸び、また、脚部3の、溝3aより右側の(脚2側の)の部分(壁部)がY軸方向に縮んで、その結果、脚部3は右側に(脚2側に)撓もうとする。すなわち、基部電極4aに正電圧を加え、基部電極4bに負電圧を加えると、脚部2、3はともに内側に撓もうとする。

[0034] 今度は逆に一方の基部電極4aに負電圧を加え、他方の基部電極4bに正電圧を加えたとする。そうすると、脚部2、3における電界方向は上記の場合とは逆になり、その結果、脚部2、3はともに外側に撓もうとする。

なお、上記した音叉型水晶振動子の駆動原理は公知である。

以下では、本発明にかかる振動子の特徴とするところを説明する。

[0035] 本発明の一実施例による音叉型水晶振動子20は、その脚部2、3の表面及び裏面に、基部4から脚部2、3のほぼ中央にまで延びる溝部2a、3aを形成している。これら溝部2a、3aうち、溝部下端に近接する部分では、溝部下端に向かうにしたがって幅を直線的に減少させることで、この部分をテーパー状溝領域にしている。このテーパ

一状溝領域を除く溝部2a、3aの幅は同一である。

[0036] 以下、その具体的な寸法例を図1Bを用いて説明する。

脚部2、3の長さ(Y軸方向寸法)は1. 65mmであり、幅(X軸方向寸法)は0. 11m mである。これら脚部2、3に形成された溝部2a、3aの長さは0. 83mmである。なお、溝部2a、3aの下端は、脚部2、3の付け根(下端)とY軸方向位置(高さ)が一致している。

[0037] これら溝部2a、3aのうち、その下端からY軸方向に0. 2mm上方の位置までの部分は、図1Bに示すように、下端に向かうにしたがって幅が徐々に小さくなるテーパー状溝領域となっている。すなわち、このテーパー状溝領域では、その内側壁面2ah、3a hはそれぞれ斜面2at、3atとなっている。一方、溝部2a、3aのうち、上記テーパー状溝領域を除いた上方の部分は0. 07mmの等幅である。溝部2a、3aにおけるテーパー状溝領域の下端の幅は0. 05mmである。したがって、溝部2a、2bのテーパー状溝領域では、上方から下方に向けて溝幅が0. 07mmから0. 05mmまで直線的に変化する。

[0038] 溝部2a、3aの上方部分(等幅部分)では、脚部2、3の左右の側面2b、3bから溝部2a、3aまでのX軸方向距離は、 $(0.11-0.07)/2=0.02$ mmである。一方、溝部2a、3aの下端(テーパー状溝領域の下端)では、脚部2、3の左右の側面2b、3bから溝部2a、3aまでのX軸方向距離は、 $(0.11-0.05)/2=0.03$ mmである。その結果、図1Cに領域Dで示すように、脚部2、3の表面及び裏面でテーパー状溝領域の左右両側には、上辺0. 02mm、底辺0. 03mm、高さ0. 2mmの台形の配線領域Dがそれぞれ形成される。

[0039] そこで、脚部3の、溝部3aにおけるテーパー状溝領域の右側の台形の配線領域Dに幅0. 01mmの溝・側面間接続電極5cを配置するにあたって、この電極5cと、溝部3aに形成された溝電極3dとの隙間を、図2に示すように、脚部3の付け根(下端)からY軸方向にほぼ0. 14mmまでの範囲では、0. 01mm以上に確保することができる。その結果、製造工程における電極間のショートを確実に防止できる。なお、本実施例においては、溝部2a、3aの外形形状をそれぞれY軸方向の中心線(例えば、図1Bの一点鎖線C)に対し左右対称としたが、これは、Y軸方向の振動の洩れを少なくす

るためである。

[0040] 実施例1の特徴の1つは、脚部2、3の、溝部2a、3aにおけるテーパー状溝領域の左右には上記した台形の領域Dがそれぞれ形成されるので、溝電極2dと側面電極2eとの隙間、及び溝電極3dと側面電極3eとの隙間は、領域Dに対応した台形形状となる、ということである。すなわち、溝電極3dと側面電極3eとの隙間の幅がY軸方向において徐々に変化する。

[0041] その結果、図8A、図8Bに示した従来例でのように、溝電極と側面電極との隙間を上方の幅広部分と下方の幅狭部分との2段にした場合に比較して、実施例1では溝電極と側面電極との隙間の平均値を小さくでき、そのため、従来よりも溝電極と側面電極との間の電界強度の平均値を増加させることができる。特に、脚部2、3の付け根に近い部分における電界強度の増加は、脚部2、3の駆動力を増加させる効果が大であり、電気／機械の変換の係数を上げ、CI値の減少をもたらす。

[0042] 図4は、水晶振動子等の圧電振動子の等価回路を4素子等価回路定数L、C1、R、C0で表したものである、ここで、CI値と等価回路定数の関係は、fを水晶振動子の共振周波数とすれば、

$$CI = 1 / (C1 \cdot 2 \pi f \cdot Q) \quad \cdots \cdots (1)$$

で表される。

[0043] ところで、上記したように電気／機械の変換係数が上がれば水晶の変形に起因する電流が流れ易くなるため、動的な容量とも言うべき直列容量C1の並列容量C0に対する比率、C1/C0、が増加する。なお、水晶が変形しなくとも並列容量C0には電流が流れる。このため、C0を略一定とすれば、電気／機械の変換係数が上がればC1が増加する、といえる。そして、直列容量C1が増加すれば、(1)式よりCI値が減少する。

[0044] 本実施例の特徴のもう一つは、脚部2、3に設けられた溝部2a、3aの形状に起因して、振動子のQ値が従来の段付き溝部を有する音叉型水晶振動子よりも向上する、ということである。

[0045] 脚部2、3の溝部2a、3aはエッティングで形成される。ここで、溝部2aの断面形状を図3に示す(溝部3aの断面形状も溝部2aと同じである)。図3に示すように、溝部2a

の、基部4から0.2mm以上遠ざかった部分(等幅部分)では、溝の深さが一定である。しかし、溝部2aの、基部4から0.2mmまでの部分(テーパー状溝領域)では、溝部の深さは基部4に近づくほど浅くなる。このように、脚部2、3の溝部2a、3aは、基部4に近い部分では(実施例1では基部4から0.2mmまでのテーパー状溝領域では)、溝は基部4に近づくほどその幅が直線的に減少しつつその深さが直線的に小さくなる。

[0046] その結果、実施例1では、溝部の幅が溝部長さ方向の一位置にて急激に変化し(図8B)かつ同位置で溝部の深さが急激に変化する(図9)従来例と比較して、脚2と脚3との剛性の差が少なくなり、脚2と脚3が逆位相で振動したときの振動の打ち消しが十分に行われ、高いQ値を安定して得ることができる。そして、Q値が高くなることは、前記の(1)式より、CI値の減少をもたらすこととなる。

[0047] 以下に、図8Aに示すような従来の段付き溝部を有する音叉型水晶振動子について、その電気特性を表1Aを用いて説明する。また、図1Aに示すような本発明の実施例1の、テーパー状溝領域を下部に形成した溝部を有する音叉型水晶振動子について、その電気特性を表1Bを用いて説明する。ここで、いずれの音叉型水晶振動子も外形寸法、溝の長さ、及び溝の最大幅、最小幅はともに等しく、かつ共振周波数はともに略32KHzである。

[0048] [表1A]

表1(A) 段付き溝の音叉型水晶振動子の電気特性

No.	CI (kΩ)	CO (pF)	Q	C1 (fF)	L (H)	CO/C1
1-1	52.3	1.00	29866	3.16	7722	316
1-2	58.3	0.96	26788	3.16	7713	304
1-3	58.3	0.97	26597	3.19	7681	304
1-4	52.9	0.97	29356	3.18	7661	305
平均値	55.5	0.98	28152	3.17	7694	307
標準偏差	3.3	0.02	1629	0.01	25	6

[0049] [表1B]

表1(B) テーパー溝の音叉型水晶振動子の電気特性

No.	CI (kΩ)	CO (pF)	Q	C1 (fF)	L (H)	CO/C1
2-1	49.3	0.99	30100	3.36	7388	295
2-2	51.6	0.99	28694	3.37	7379	294
2-3	48.7	1.00	30168	3.39	7319	295
2-4	51.1	1.00	29045	3.37	7414	297
2-5	47.8	1.00	30862	3.38	7357	296
平均値	49.7	1.00	29774	3.37	7371	295
標準偏差	1.6	0.02	886	0.01	36	1

[0050] 表1A及び表1Bによれば、従来の段付き溝部を有する音叉型水晶振動子のQ値(平均値)は28152で、その標準偏差は1629であるのに対して、本発明の実施例1のテーパー状溝領域を有する音叉型水晶振動子のQ値(平均値)は29774で、その標準偏差は886である。すなわち、実施例1では、従来例に比較してQ値はほぼ6%向上し、その標準偏差(バラツキ)はほぼ半減している。これは、実施例1のテーパー状溝領域を有する音叉型水晶振動子は、上記したように溝の深さを含めた立体形状のバラツキが少ないため、左右の脚部の剛性のバランスが安定して取れているためと考えられる。

[0051] さらに、従来の段付き溝部を有する音叉型水晶振動子の直列容量C1(平均値)は3. 17fFであるのに対して、本発明の実施例1のテーパー状溝領域を有する音叉型水晶振動子の直列容量C1(平均値)は3. 37fFであるので、実施例1によれば従来例に比較して直列容量C1がほぼ6パーセント増加している。この理由はすでに説明した通りである。

[0052] 以上のように、実施例1の音叉型水晶振動子では、Q値と直列容量C1とがともに従来の音叉型水晶振動子よりも増加しているので、前記の(1)式より、CI値は減少する。すなわち、テーパー状溝領域を有する音叉型水晶振動子の場合は段付き溝を有する音叉型水晶振動子に比較してCI値(平均値)が55. 5kΩから49. 7kΩへとほぼ12%減少している。さらに、実施例1ではCI値のバラツキも従来例の場合よりも減少している。

[0053] なお、表1A及び表1Bは、前述したように、音叉型の水晶振動子の電気特性について本発明の実施例1と従来例との比較のために示したものであるが、本発明の振動子は、音叉型の水晶振動子に限定されず、チタン酸バリウム等の他の圧電材を用いた同様の形状の、テーパー溝を有する音叉型圧電振動子であってもよい。この場合も、かかる構成の本発明による音叉型圧電振動子と従来の音叉型圧電振動子との比較結果は、前記と同様の原理のため、表1Aと表1Bとの比較結果に近いものが得られる。

[0054] なお、本実施例1の音叉型水晶振動子(図1Aに示す振動子20)は音叉の脚部2、3に形成した溝のその下端近傍の部分をテーパー状溝領域としているので、そのテーパー状溝領域を隔てての駆動電極間距離が脚部2、3の付け根に向かうにしたがって徐々に狭まり、その結果、上記したような、配線領域の確保と、駆動の際の電界強度の向上によるCI値の低下という効果がもたらされる。

[0055] なお、音叉型水晶振動子に形成した溝部のその下端近傍の部分をテーパー状溝領域とすること自体は、前に先行技術文献として提示した特開2003-133895号公報に開示されてはいる。しかし、このテーパー状溝領域は音叉の脚部にではなく脚部の付け根より下方に、すなわち、音叉の基部に、形成されているのである。このテーパー状溝領域を形成する目的は、音叉の脚部に異方性エッチングにより形成した溝部の上に、溝電極をフォトリソ工程により形成するとき、その溝電極に断線が生じないようになることである。したがって、この文献に開示された音叉型水晶振動子では、本発明の実施例1の、テーパー状溝領域を隔てての駆動電極間距離を脚部2、3の付け根に向かうにしたがって徐々に減少させることで、電界強度を向上させCI値を低下させるという効果、及び配線領域の拡大を図るという効果は得られない。よって、実施例1の音叉型水晶振動子は、上記文献に開示の音叉型水晶振動子と目的、構成、作用効果の点でまったく異なる。

[0056] 次に、本発明の実施例2に係る振動子について図5A-図6を用いて説明する。

図5Aに示す音叉型水晶振動子30の基部14からは2本の脚部12、13がY軸方向に突出している。これら脚部12、13の表面には、図5Bに示すように、溝部12a、13aが脚部12、13の長さ方向に沿って所定距離それぞれ形成されている。また、脚部1

2、13の裏面にも、表面側の溝部12a、13aと対応する位置に、溝部12a、13aがそれぞれ形成されている。これら脚部12、13の表面及び裏面に溝部12a、13aが形成されたことにより、脚部12、13の断面は、図6に示すように、ほぼH型を呈する。

[0057] この実施例では、溝部12a、13aはその全長(Y軸方向寸法)にわたってその幅を一定とする一方、脚部12、13のその付け根に近接する部分では、付け根に向かうにしたがって幅を直線的に増大させることで、この部分をテーパー状脚領域にしている、という点で実施例2と異なる。脚部におけるテーパー状脚領域では、図5A及び図5Bに示すように、脚部の側面12b、13bが斜面12bt、13btとなっている。このテーパー状脚領域を除く脚部12、13の幅は同一である。

[0058] 脚部12、13は、下方のテーパー状脚領域を含め、全体が中心軸Cに対して左右対称である。脚部12、13がその中心軸Cに対して左右対称とした効果は、実施例1において説明したのと同様である。

以下、この実施例の音叉型水晶振動子30の具体的な寸法例について説明する。

[0059] 脚部12、13の全長(Y軸方向寸法)は1. 65mmである。脚部12、13の付け根からその上方0. 2mmまでの部分はテーパー状脚領域であってその幅は徐々に変化する。テーパー状脚領域の下端(脚部の付け根のところ)では幅が0. 13mmであり、上端(下端から上方0. 2mmの高さ位置)では幅が0. 11mmである。脚部12、13でテーパー状脚領域を除いた部分(等幅部分)の幅は0. 11mmである。

[0060] 脚部12、13に形成された溝部12b、13bの下端のY軸方向位置は、脚部12、13の付け根のY軸方向位置とほぼ一致する。溝部12b、13bの長さは0. 83mmであり、その幅は一定で0. 07mmである。脚部12、13でテーパー状脚領域を除いた部分(等幅部分)では、脚部12、13の側面12b、13bから溝部12a、13aまでのX軸方向距離は一律に $(0. 11-0. 07)/2=0. 02$ mmである。一方、脚部12、13の付け根では、脚部12、13の側面12b、13bから溝部12a、13aまでのX軸方向距離は $(0. 13-0. 07)/2=0. 03$ mmである。

[0061] したがって、脚部12、13の表面及び裏面におけるテーパー状脚領域には、上辺0. 02mm、底辺0. 03mm、高さ0. 2mmの台形の配線領域D1がそれぞれ形成される。

[0062] この音叉型水晶振動子30には以下のような電極が形成される。基部14には基部電極14a、14bが形成される。脚部12、13の溝部12a、13aには溝電極12d、13dが形成される。脚部12、13の側面12b、13bには、図6に示すように、側面電極12e、13eが形成される。脚部12、13における内側と外側の側面電極側面12e、13e同士は、側面電極間接続電極12e1、13e1で接続される。符号15a、15bは側面電極用接続電極であり、符号15cは溝・側面間接続電極である。符号16は溝電極用接続電極である。符号17は周波数調整用の厚膜である。これらの電極間接続の状態は、図1A—図1Cを参照して説明した実施例1の音叉型水晶振動子20のそれと同様であるので、その説明を省略する。また、これらの電極を使用した実施例2に係る音叉型水晶振動子30の駆動の基本的な原理も実施例1の音叉型水晶振動子20のそれと同様なので、ここではその説明を省略する。

[0063] 実施例2に係る音叉型水晶振動子30の特徴は以下のとおりである。

(1)溝部12a、13aはその全長にわたって幅を一定にする一方、脚部12、13はその付け根近傍の部分にテーパー状脚領域を形成して、付け根に向かって幅を徐々に増大させている。テーパー状脚領域を除いた脚部の幅は一定にしている。この脚部のテーパー状脚領域において、脚部側面12b、13bと溝部12a、13aとの間に、溝・側面間接続電極15c(図5A)を形成するに十分な幅の配線領域D1(f5B)を確保することができる。

[0064] この配線領域D1の幅は、前述のように0.03mmから0.02mmまで、脚部の付け根から高さ0.2mmの位置まで直線的に変化する。ここで、溝・側面間接続電極15cの幅を0.02mm弱としても、配線領域D1の下端では、溝電極13dとの間に略(0.03-0.02=)0.1mmの隙間が確保できる。この溝電極13dを、配線領域D1の下端から上方に(Y軸方向に)ある程度(例えば0.14mm)延ばしても、溝・側面間接続電極15cとの間に少なくとも0.1mm弱の間隙を確保することができる。これにより、ショートや断線を起こすことなく、側面電極13と溝・側面間接続電極15cを確実に接続することができる。

[0065] なお、側面電極13eは、脚部付け根から少なくとも0.01mm上方の高さ位置から上方に延びていて、脚部付け根から0.01mmまでの範囲には存在しない。

(2) 上記したように、脚部12、13の付け根から高さ0.2mmの位置までの領域では、脚部の側面12b、13bから溝部12a、13aまでの距離は0.03mmから0.02mmへと徐々に変化するので、これに伴って、側面電極12e、13eと溝電極12d、13dとの距離も連続的に変化する。

[0066] よって、図1A及び図1Bを参照して説明した実施例1の音叉型水晶振動子20の場合と同様の理由により、従来の段付き溝部を有する音叉型水晶振動子よりも電極間の平均距離が短くなり、前に説明した原理により、実施例2の音叉型水晶振動子30は等価回路定数のうちの直列容量C1を増加させ、その結果、前記の(1)式によりCI値が低下する。

(3) 実施例2においては、図5Bに示すように、溝部12a、13aの幅(X軸方向寸法)は一定であるので、エッチングによりこれらの溝部を形成するとき、その深さ(X軸及びY軸に垂直なZ軸方向における位置)は、従来の段付き溝部を有する音叉型水晶振動子の場合のような段がつかず、均一の深さとなって、左の溝部13aと右の溝部12aとの間の寸法のバラツキが少なくなるので、左右の脚部13、12の剛性が均一となり、バランスがとれてQ値が向上する。その結果、前記(1)式によりCI値が低下する。

請求の範囲

[1] 基部とこの基部から延びた少なくとも2本の脚部を有する水晶片において、前記脚部の表面または裏面の少なくとも一方に前記脚部の長さ方向に沿って溝部を形成し、
前記脚部の少なくとも一方の側面から前記溝部までの間隔を前記基部に向かうにしたがって徐徐に増大させたことを特徴とする水晶片。

[2] 前記脚部の幅はその全長にわたって同一であり、前記溝部の幅を前記基部に向かうにしたがって徐徐に減少させたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の水晶片。

[3] 前記溝部の幅はその全長にわたって同一であり、前記脚部の幅を前記基部に向かうにしたがって徐々に増大させたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の水晶片。

[4] 基部とこの基部から延びた少なくとも2本の脚部を有し、前記脚部の表面または裏面の少なくとも一方に長さ方向に沿って溝部が形成され、前記溝部には溝電極が形成され、前記脚部の側面には側面電極が形成された振動子において、
前記脚部はその全長にわたって幅を等しくする一方、前記基部に向かうにしたがって前記溝部の幅を徐徐に減少させることで、前記接続電極の配置領域を形成したことを特徴とする振動子。

[5] 前記溝部の幅の減少は直線的であることを特徴とする請求の範囲第4項記載の振動子。

[6] 基部とこの基部から延びた少なくとも2本の脚部を有し、前記脚部の表面または裏面の少なくとも一方に長さ方向に沿って溝部が形成され、前記溝部には溝電極が形成され、前記脚部の側面には側面電極が形成された振動子において、
前記溝部の幅はその全長にわたって同一であり、前記脚部の幅を前記基部に向かうにしたがって徐徐に増大させたことを特徴とする振動子。

[7] 前記脚部の幅の増大は直線的であることを特徴とする請求の範囲第6項記載の振動子。

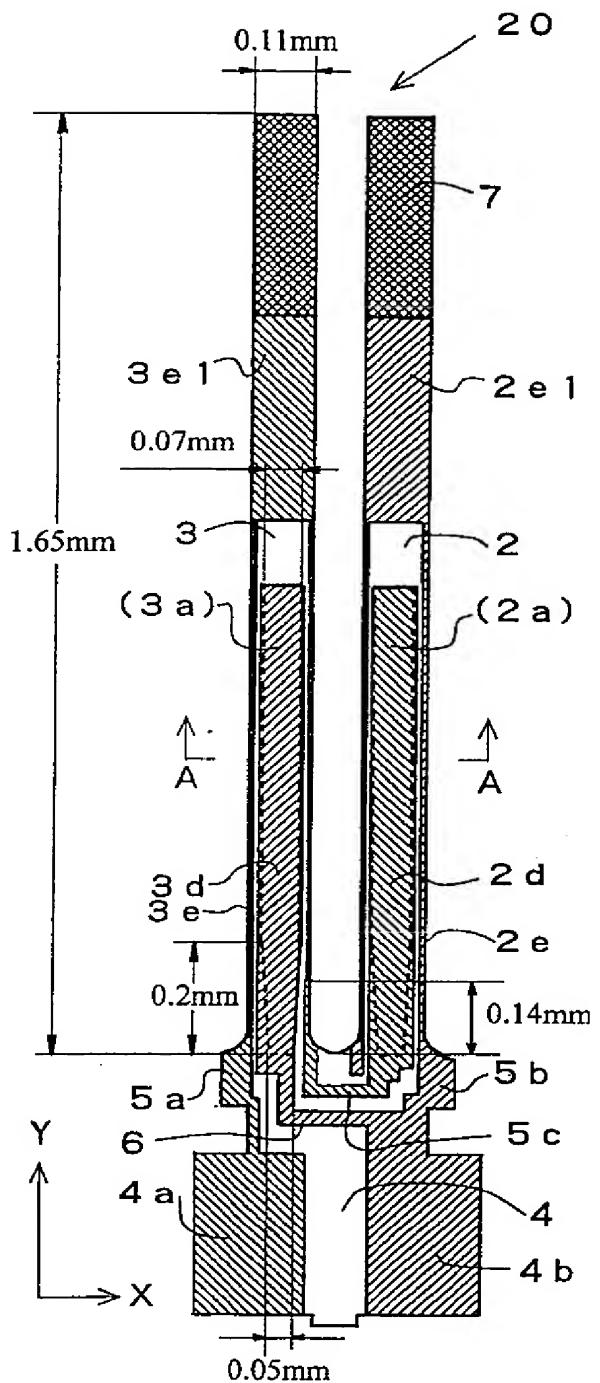
[8] 前記脚部及びその脚部に形成された溝部は、脚部の中心線に対して左右対称に形成されていることを特徴とする請求の範囲第4項または6項記載の振動子。

[9] 前記振動子が音叉型水晶振動片により形成されていることを特徴とする請求の範

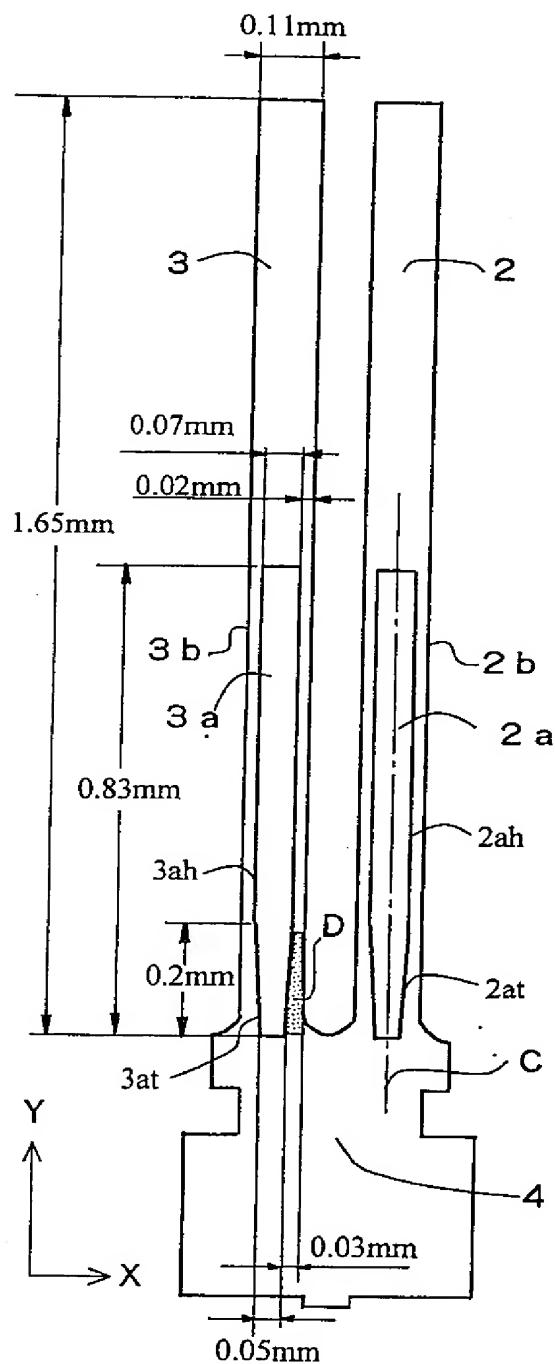
図第4項または6項記載の振動子。

[10] 基部とこの基部から伸びた少なくとも2本の脚部を有し、前記脚部の表面または裏面の少なくとも一方に前記脚部の長さ方向に沿って溝部が形成され、前記溝部には溝電極が形成され、前記脚部の側面には側面電極が形成された振動子において、前記脚部はその全長にわたって幅を等しくする一方、前記基部に向かうにしたがつて前記溝部の幅を徐々に減少させることで前記接続電極の配置領域を形成し、前記溝部の幅の減少は直線的であり、前記脚部及び前記溝部は前記脚部の中心線に対して左右対称に形成され、前記振動子が音叉型水晶振動片により形成されたことを特徴とする振動子。

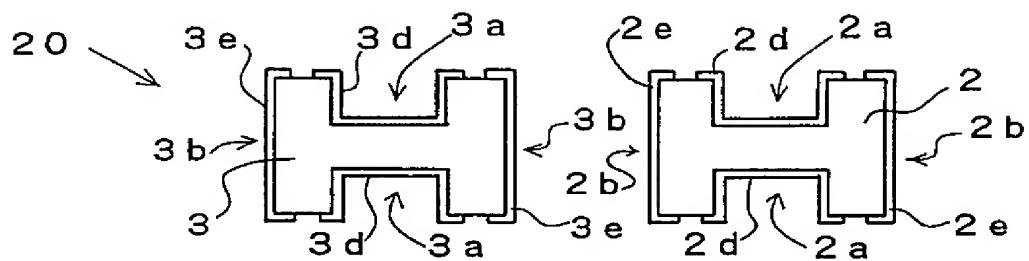
[図1A]



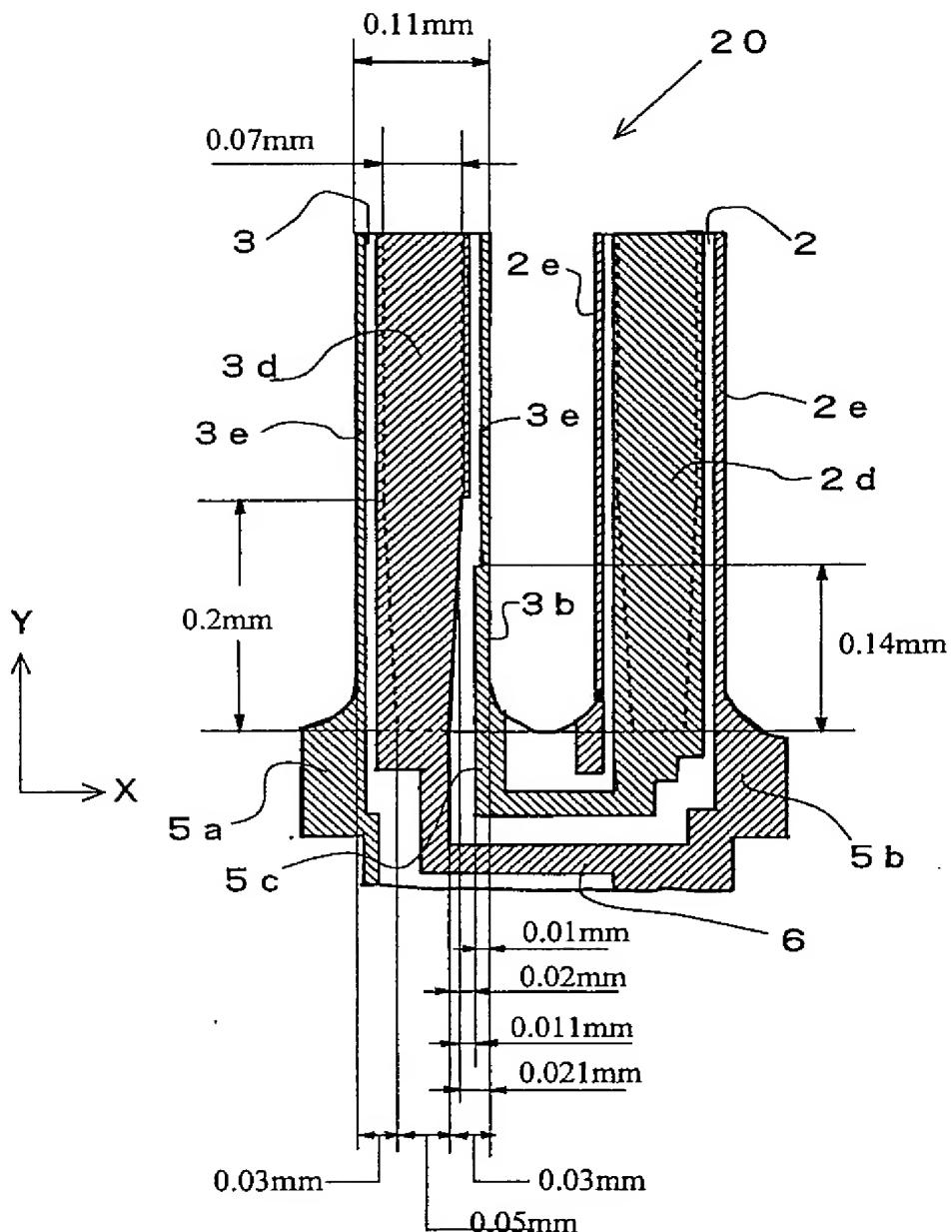
[図1B]



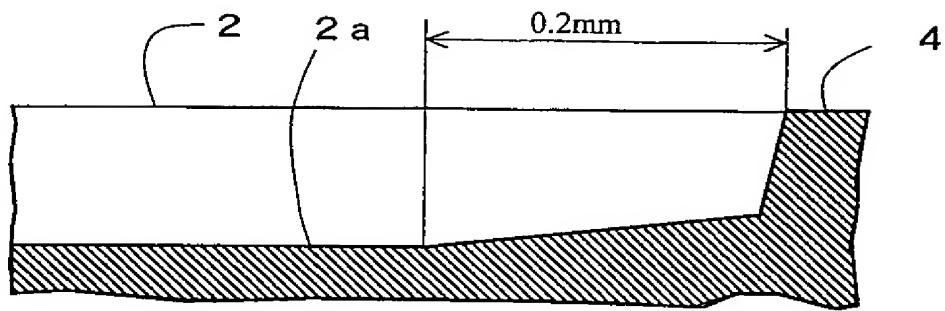
[図1C]



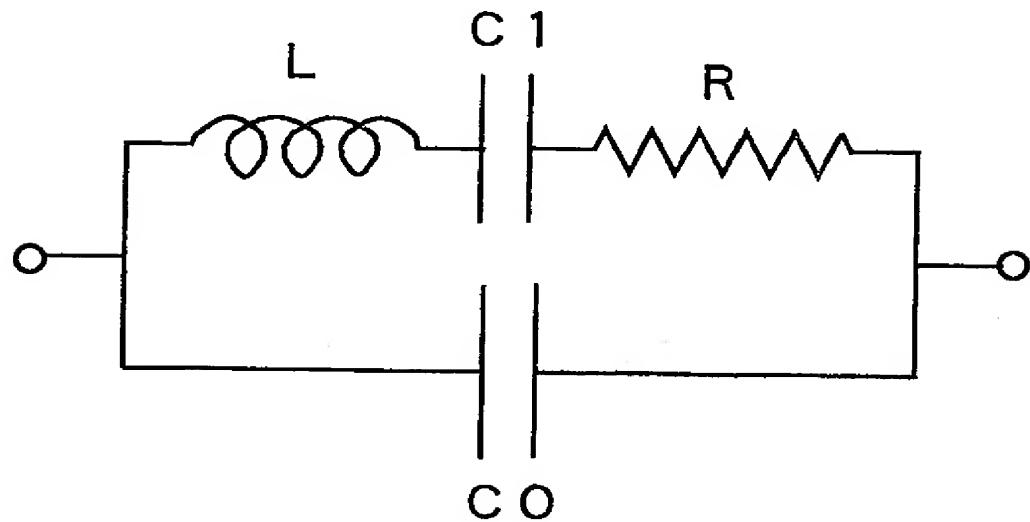
[図2]



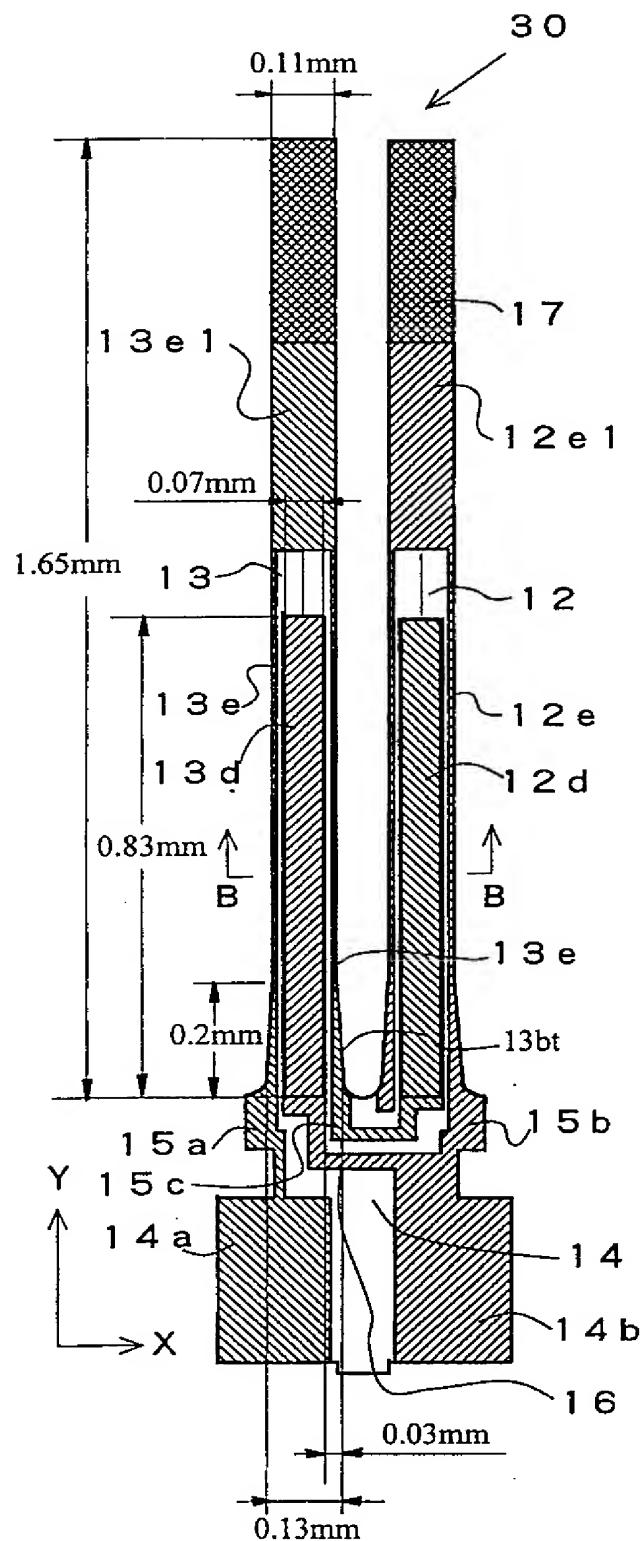
[図3]



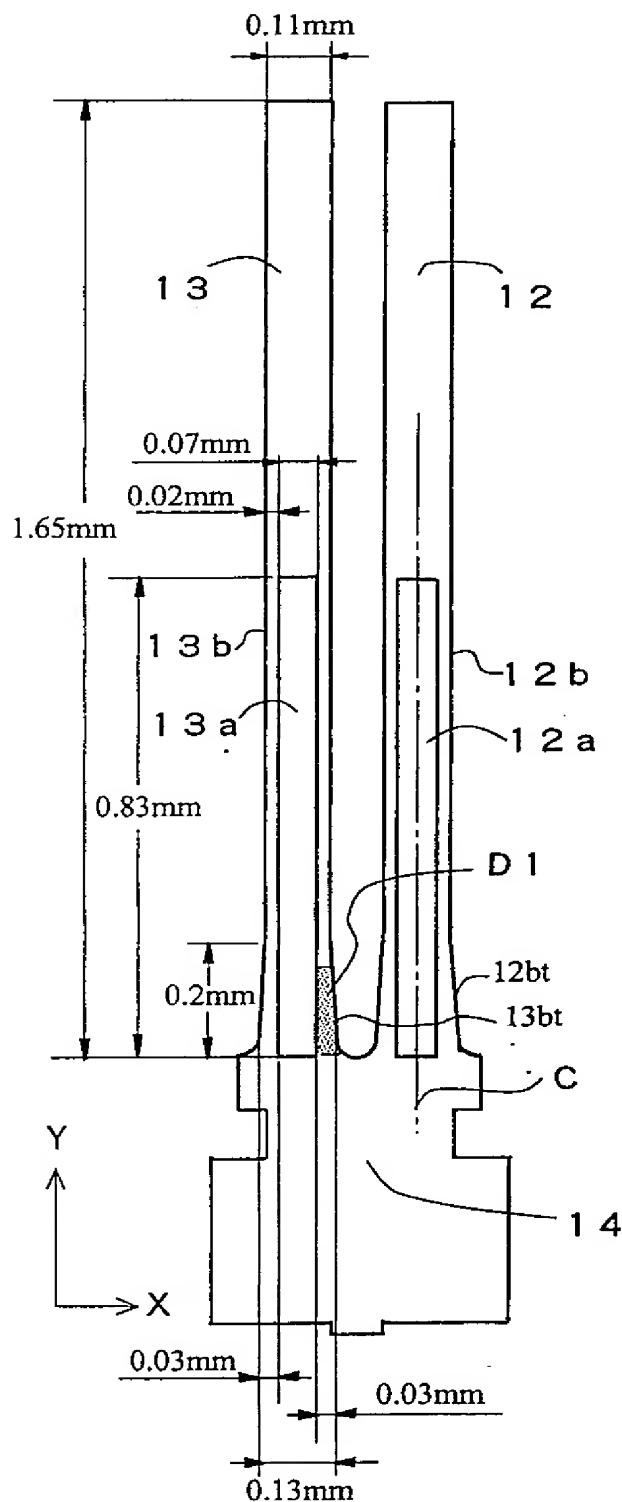
[図4]



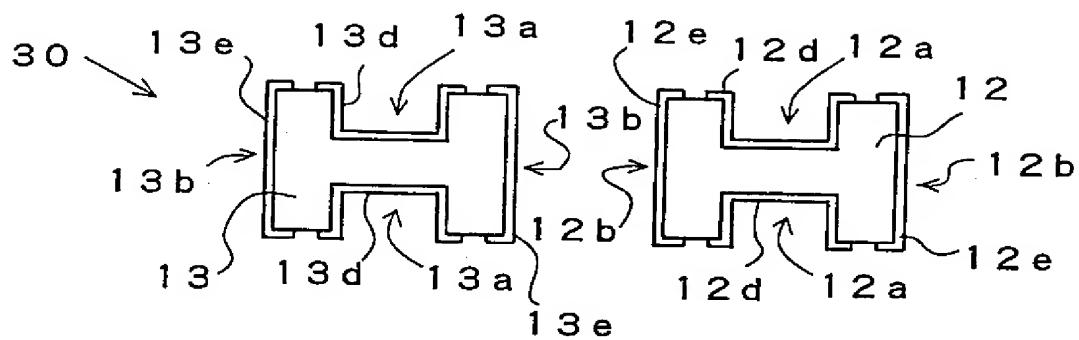
[図5A]



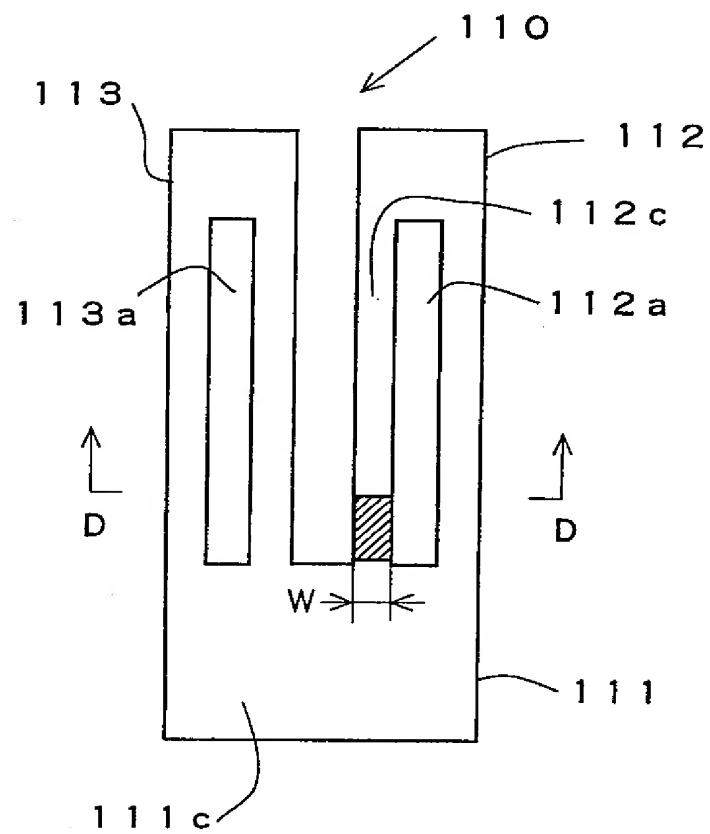
[図5B]



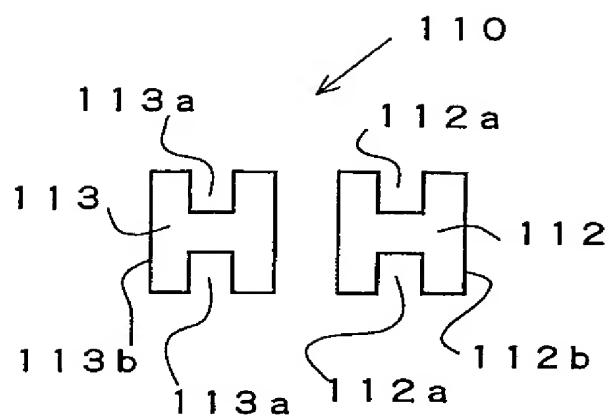
[図6]



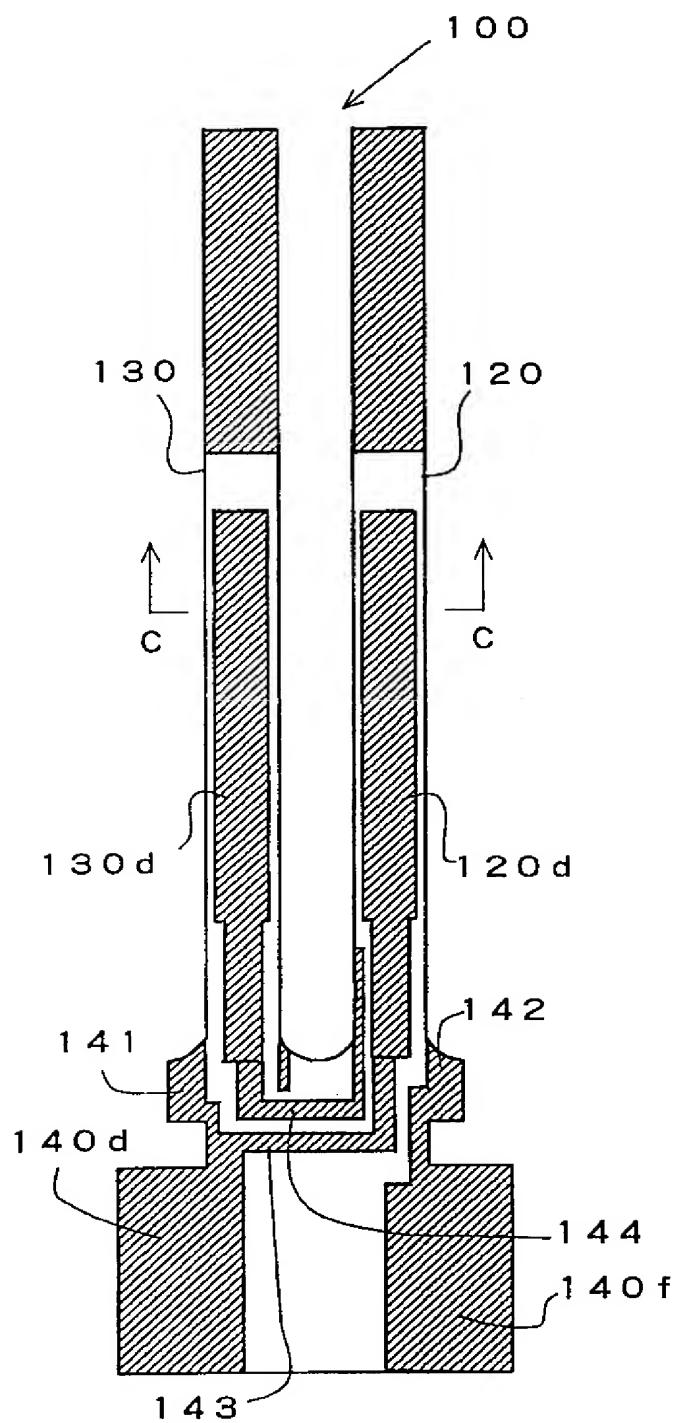
[図7A]



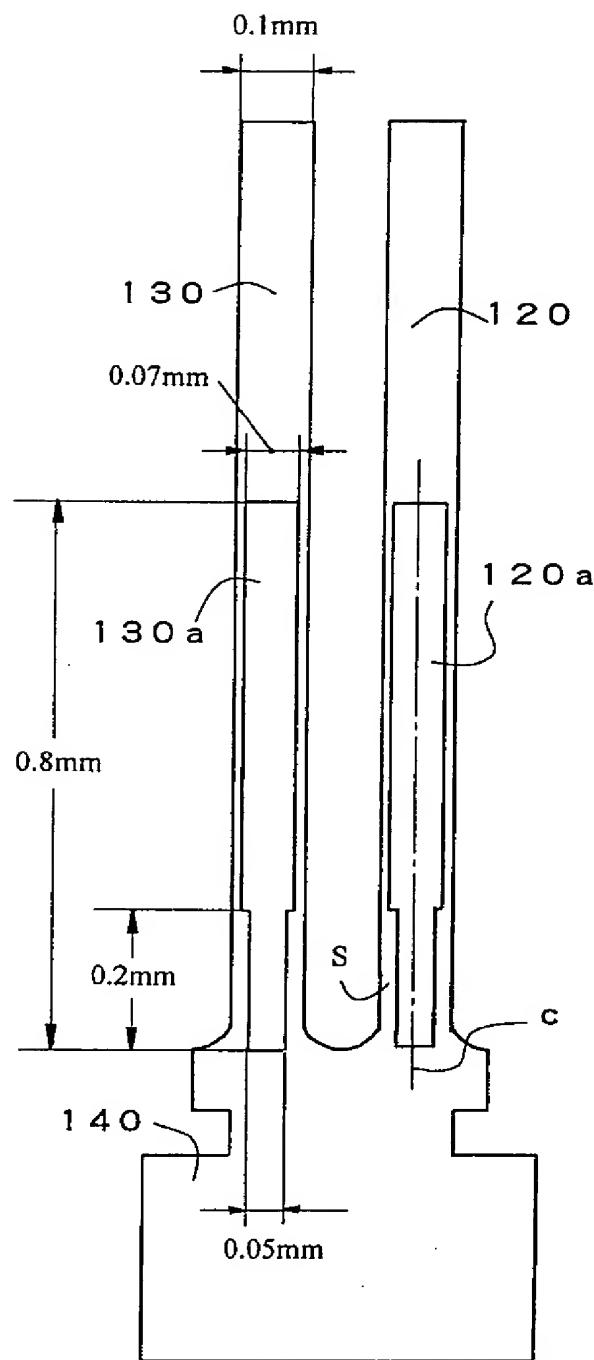
[図7B]



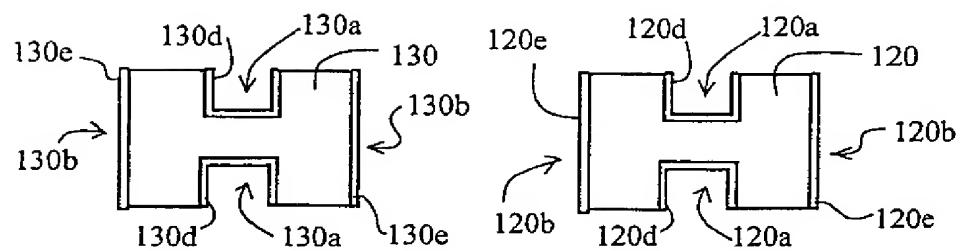
[図8A]



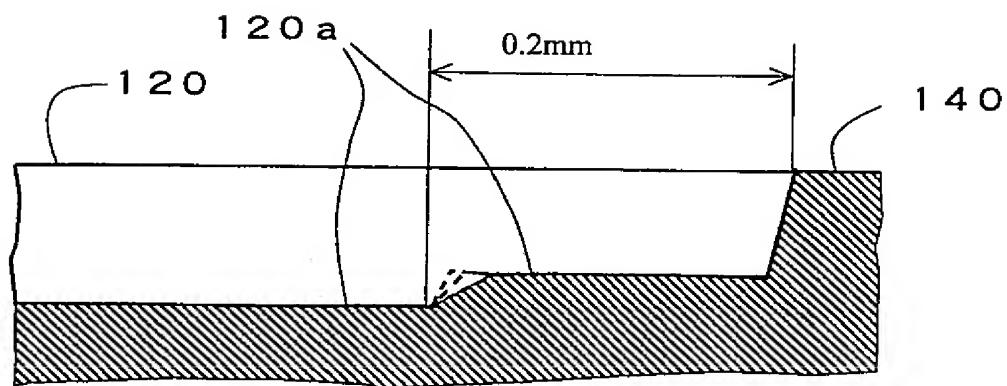
[図8B]



[図8C]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002040

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H03H9/19, 9/02, 9/215

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H03H9/19, 9/02, 9/215

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-261575 A (Seiko Epson Corp.), 13 September, 2002 (13.09.02), Full text; all drawings & EP 1223674 A & US 2002/89386 A	1, 3, 6, 8, 9 7
Y	JP 56-34216 A (Suwa Seikosha Kabushiki Kaisha), 06 April, 1981 (06.04.81), Claims; page 2, lower right column, line 2 to page 3, upper left column, line 3; Fig. 3 (Family: none)	1, 3, 6-9
Y	JP 55-163482 A (Daini Seikosha Kabushiki Kaisha), 19 December, 1980 (19.12.80), Claims; Figs. 7, 8, 11 (Family: none)	1, 3, 6-9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 May, 2005 (16.05.05)

Date of mailing of the international search report
31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002040

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 009903/1979 (Laid-open No. 109925/1980) (Citizen Watch Co., Ltd.), 01 August, 1980 (01.08.80), Claims; Figs. 1 to 4	1, 3, 6-9
X A	JP 2002-76827 A (Seiko Epson Corp.), 15 March, 2002 (15.03.02), Claims; Par. No. [0107]; Fig. 5 (Family: none)	1, 3, 6, 8, 9 2, 4, 5, 7, 10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H03H9/19, 9/02, 9/215

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H03H9/19, 9/02, 9/215

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 2002-261575 A (セイコーエプソン株式会社) 2002.09.13, 全文、全図 & E P 1223674 A & U S 2002/89386 A	1, 3, 6, 8, 9
Y	J P 56-34216 A (株式会社諏訪精工舎) 1981.04.06, 特許請求の範囲、第2頁右下欄第2~第3頁左上欄第3行、第3図 ファミリーなし	7
Y	J P 56-34216 A (株式会社諏訪精工舎) 1981.04.06, 特許請求の範囲、第2頁右下欄第2~第3頁左上欄第3行、第3図 ファミリーなし	1, 3, 6-9

□ C欄の続きにも文献が列挙されている。

□ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 16.05.2005	国際調査報告の発送日 31.5.2005
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 井上 弘亘 電話番号 03-3581-1101 内線 3576

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 55-163482 A (株式会社第二精工舎) 1980.12.19, 特許請求の範囲, 第7, 8, 11図, ファミリーなし	1, 3, 6-9
Y	日本国実用新案登録出願54-009903号 (日本国実用新案登録出願公開55-109925号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (シチズン時計株式会社), 1980.08.01, 特許請求の範囲, 第1-4図	1, 3, 6-9
X	JP 2002-76827 A (セイコーホーリン株式会社), 2002.03.15, 特許請求の範囲、第107段落、第5図, ファミリーなし	1, 3, 6, 8, 9
A		2, 4, 5, 7, 10